

**RANCANG BANGUN  
KETEL UAP PIPA API VERTIKAL  
UNTUK INDUSTRI TAHU**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Kepada  
Universitas Muhammadiyah Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**OLEH**

**BUDI ADNAN**

**201410120311217**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG  
2019**

# RANCANG BANGUN KETEL UAP PIPA API VERTIKAL UNTUK INDUSTRI TAHU



**BUDI ADNAN**  
201410120311217

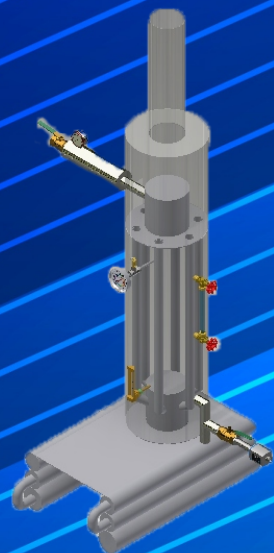
**Dosen Pembimbing I :**  
Ir. Eko Hariyadi, MT  
**Dosen Pembimbing II**  
Dr. Ir. H. Suwarsono, MT



Industri tahu merupakan salah satu industri makanan yang perlu dikembangkan dalam peralatan produksinya. Karena pada kenyataannya banyak para pengusaha tahu yang masih menggunakan alat-alat yang sangat sederhana dalam memproduksi tahunya. Mereka masih menggunakan cara yang sangat tradisional seperti menggunakan dandang sebagai alat produksi perebusan.

Perancangan mesin ini menggunakan metode pugh yaitu dengan memilih bahan material dan konsep rancangan mesin yang akan di produksi sehingga proses pembuatan alat sesuai dengan konsep desain yang telah di tentukan.

Ketel uap / Boiler yang dirancang menyesuaikan dengan kebutuhan industri tahu yaitu dengan konstruksi vertikal dengan tambahan 3 tabung ekonomizer sebagai penyimpan panas air ketel uap yang dirancang mempunyai kapasitas pengisian air 40,19 Liter dan kapasitas uap 23 liter dengan tekanan operasi 2 bar dan tekanan perancangan 5 bar dengan bahan bakar gas LPG sebagai pembakarannya, uap yang dihasilkan pada boiler ini ialah 45 kg/jam.



**Uap Panas yang dihasilkan**



# LEMBAR PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

### RANCANG BANGUN KETEL UAP PIPA API VERTIKAL UNTUK INDUSTRI TAHU

Diajukan kepada  
Universitas Muhammadiyah Malang  
Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh

Nama : Budi Adnan

NIM : 201410120311217

Malang, 24 Oktober 2019

Yang telah disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. Eko Hariyadi, MT)

108.9303.0292

(Dr. Ir. H. Suwarsono, MT)

108.9309.0294

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin

(Muriito, ST, MT)

108.9404.0313





LEMBAR KONSULTASI/ASISTENSI

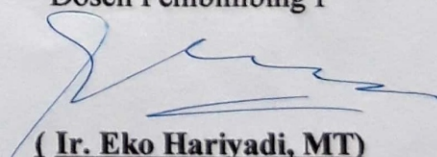
Nama : Budi Adnan  
NIM : 201410120311217  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Rancang Bangun Ketel Uap Pipa Vertikal untuk Industri Tahu  
Pembimbing I : Ir. Eko Hariyadi, MT

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	KETERANGAN
1.	13/9/2018	Judul TA / Bab I (Referensi Jurnal)	
2.	11/1/2019	Bab II (Tinjauan Teori) (Tahu dan Boiler)	
3.	25/7/2019	Bab III (Metodologi perancangan)	di lembar skripsi
4.	20/9/2019	BAB IV (Perhitungan dan pembahasan)	
5.	9/10/2019	BAB V (Kesimpulan & Saran)	
	10/10/19	Ace - Semhar	

Malang, 12 Oktober 2019

Mengetahui:  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
(Murjito, ST, MT)  
108.9404.0313

Dosen Pembimbing I

  
( Ir. Eko Hariyadi, MT)  
108.9303.0292





FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG  
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp (0341) 464318-21 Psw. 127  
Fax (0341) 460782 Malang 65144

LEMBAR KONSULTASI/ASISTENSI

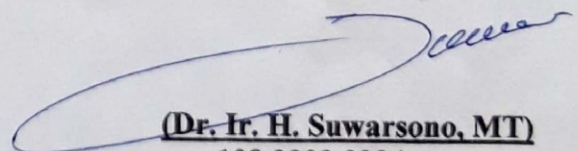
Nama : Budi Adnan  
NIM : 2014010120311217  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Rancang Bangun Ketel Uap Pipa Vertikal untuk Industri Tahu  
Pembimbing II : Dr. Ir. H. Suwarsono, MT

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	KETERANGAN
1	25/8/2019	Judul Tugas akhir dan Bab I	S
2	2/9/2019	Bab II (Teori, Referensi)	
3	9/9/2019	Bab III (Metodologi perancangan)	
4	26/9/2019	Bab IV (Perhitungan dan pembahasan parameter Alat)	
5	10/10/2019	Bab V (Kesimpulan dan ketidaksihan)	S

Malang, 11 Oktober 2019

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
(Marjito, ST, MT)  
108.9404.0313

Dosen Pembimbing II

  
(Dr. Ir. H. Suwarsono, MT)  
108.9309.0294



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Budi Adnan  
NIM : 201410120311217.  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
: Universitas Muhammadiyah Malang

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tugas Akhir dengan judul:

**“Rancang Bangun Ketel Uap Pipa Api Vertikal untuk Industri Tahu”**

Adalah hasil karya saya, dan dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, baik sebagian ataupun keseluruhan, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

2. Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur **PLAGIASI**, saya bersedia **TUGAS AKHIR** ini **DIGUGURKAN** dan **GELAR AKADEMIK YANG TELAH SAYA PEROLEH DIBATALKAN**, serta diproses sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.

3. Tugas akhir ini dapat dijadikan sumber pustaka yang merupakan **HAK BEBAS ROYALTY NON EKSKLUSIF**.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Koordinator  
Plagiasi



M. Irkham Mamungkas, ST., MT

Koordinator  
Naskah Publikasi



Ary Dwi Astuti, S.Pd

Malang, 12 November 2019



Budi Adnan

## **ABSTRAK**

Tahu merupakan produk olahan dari kacang kedelai yang sangat populer dan paling banyak diproduksi di Indonesia. Industri tahu merupakan salah satu industri makanan yang perlu dikembangkan dalam peralatan produksinya. Namun, pada kenyataannya banyak para pengusaha tahu yang masih menggunakan alat-alat yang sangat sederhana dalam proses produksinya. Berangkat dari permasalahan tersebut, peneliti merancang dan membuat alat pemanas tahu modern yang lebih efisien. Ketel Uap Pipa Api Vertikal dirancang untuk dapat meningkatkan jumlah produksi tahu dengan kualitas yang baik. Peneliti menggunakan metode *pugh* dalam merancang desain mesin uap yang sesuai dengan standar Association of mechanical Engineering (ASME). Mesin uap pada penelitian ini juga dirancang dengan konstruksi boiler pada tekanan operasi 2 bar, tekanan boiler 5 bar. Diameter badan boiler pada mesin uap ini sebesar 320 mm dengan kapasitas air 40,19 liter dan kapasitas uap 23.8 liter dengan tambahan pipa api 6 buah berdiameter 42 mm bahan bakar boiler menggunakan gas LPG dan kebutuhan bahan bakar ialah 3 kg/jam.

Kata kunci: tahu, ketel uap, *Boiler* dan *ASME*

## **ABSTRACT**

*Tofu is a product from soybeans that is very popular and most widely produced in Indonesia. Tofu industry is one food industry that needs to be developed in its production equipment. However, fact showed that many tofu industries use conventional tools in the production process. In line with this, researcher designed and made modern tofu heaters more efficient. Ketel Uap Pipa Api Vertikal is designed to increase the amount of tofu production with good quality. Researcher used the Pugh method in designing a steam engine design in accordance with the Association of Mechanical Engineering (ASME) standards. The steam engine in this study was also designed with boiler construction at 2 bar operating pressure, 5 bar boiler pressure. The boiler body diameter of this steam engine is 320 mm with a water capacity of 40.19 liters and a steam capacity of 23.8 liters with an additional 6 fire pipes with a diameter of 42 mm boiler fuel using LPG gas and the fuel requirement is 3 kg/hour.*

**Keywords:** *tofu, steam boilers, boilers, and ASME*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT karena Rahmat dan KaruniaNya-lah Penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini tepat pada waktunya dengan judul “**Rancang Bangun Ketel Uap Pipa Api Vertikal untuk Industri Tahu.**“

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memenuhi persyaratan akademik Program Sarjana Teknik (S1) Universitas Muhammadiyah Malang.

Selama mengikuti pendidikan S1 Teknik Mesin sampai dengan proses penyelesaian Tugas Akhir, berbagai pihak telah memberikan fasilitas, membantu, membina dan membimbing penulis untuk itu khususnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas izin dan kehendak-Nya, tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak dan Ibu beserta keluarga selaku pendorong semangat dalam pencapaian tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Eko Hariyadi, MT dan Dr. Ir. H. Suwarsono, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang telah membimbing sampai tugas akhir ini selesai.
4. Bapak Murjito, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin yang telah mengarahkan pencapaian tugas akhir ini.
5. Teman – teman dari semua kalangan yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari, Tugas Akhir ini masih banyak kelemahan dan kekurangan. Karena itu kritik dan saran yang membangun akan diterima dengan senang hati, mudah – mudahan keberadaan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan kita.

Malang, 24 Oktober 2019

Budi Adnan

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>LEMBAR JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>POSTER.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR KONSULTASI / ASISTENSI .....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I : PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Pengertian Tahu .....	5
2.1.2 Proses Pemasakan Tahu.....	6
2.1.2 Pemanfaatan Ketel Uap untuk Proses Pemasakan Tahu.....	8
2.2 Ketel Uap atau <i>Boiler</i> .....	8
2.2.1 Klasifikasi Boiler atau Ketel Uap.....	10
2.2.2 Bagian-Bagian Pada Boiler.....	13
2.2.3 Material Pada Boiler.....	20
2.3 Proses Pembentukan Uap .....	22
2.4 Bahan Bakar Pada Ketel Uap ( <i>Boiler</i> ) .....	22
2.5 Perpindahan Panas pada Ketel Uap.....	24



<b>BAB III : METODOLOGI PERANCANGAN MESIN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Rancang Bangun Mesin Ketel Uap Pipa Api .....	27
3.2 Fungsi Alat Ketel Uap Pipa Api .....	27
3.2.1 Blok Fungsi .....	28
3.2.2 Diagram Blok Perancangan Alat .....	29
3.2.3 Komponen Pada Boiler Pipa Api .....	29
3.3 Prinsip Solusi .....	30
3.4 Konsep Produk.....	31
3.4.1 Pengembangan Konsep Produk Pertama .....	32
3.4.2 Pengembangan konsep Produk Kedua .....	33
3.4.3 Pengembangan konsep Produk Ketiga .....	33
3.5 Pemilihan Model Perancangan Boiler .....	34
3.6 Konsep Perancangan Mesin Ketel Uap Pipa Api .....	36
3.6.1 Spesifikasi Perancangan Mesin Ketel Uap Pipa Api.....	37
3.7 Prinsip Kerja Mesin Ketel Uap Pipa Api .....	39
<b>BAB IV : PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Desain Ketel Uap ( <i>Boiler</i> ) .....	40
4.2 Perhitungan Konstruksi Ketel Uap ( <i>Boiler</i> ) .....	40
4.2.1 Badan Ketel Uap ( <i>Boiler</i> ) .....	40
4.2.2 Pipa Api ( <i>Fire Tube</i> ).....	42
4.2.3 Tubesheet .....	45
4.3 Perhitungan Volume Air dan Ruang Uap.....	48
4.4 Perhitungan Nilai Kalor.....	51
4.5 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar .....	53
4.6 Proses Pembakaran.....	54
4.6.1 Perhitungan kebutuhan udara pembakaran .....	54
4.7 Keseimbangan Panas .....	56
4.8 Kerugian – kerugian panas .....	57
4.8.1 Perhitungan Temperatur Gas Asap.....	57
4.9 Panas yang terjadi diruang bakar .....	59
4.10 Perhitungan Kebutuhan Panas Ketel .....	61
4.10.1 Perpindahan Panas Secara Radiasi Pada Dapur .....	61

4.10.2 Perpindahan Panas Secara Aliran (Konveksi).....	62
4.11.3 Perpindahan Panas Secara Perambatan (Konduksi) .....	63
4.11 Perhitungan Penguapan Awal .....	63
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Matrik Solusi untuk Mesin Boiler Pipa Api Vertikal.....	31
Tabel 3. 2 Pemilihan Desain Mesin .....	36
Tabel 4. 1 Pencarian P dengan $D0/t = 40$ .....	44
Tabel 4. 2 Faktor Koreksi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar.....	54
Tabel 4. 3 Neraca Panas .....	59

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Diagram Proses Pembuatan Tahu .....	7
Gambar 2. 2 Ketel Uap Pipa Api ( <i>Fire Tube Boiler</i> ) .....	11
Gambar 2. 3 Ketel Uap Pipa Air.....	12
Gambar 2. 4 <i>Fd Fan</i> (Blower).....	14
Gambar 2. 5 <i>Steam Drum</i> (Tangki Uap) .....	14
Gambar 2. 6 <i>Ash Hopper</i> .....	16
Gambar 2. 7 <i>Chimney</i> .....	16
Gambar 2. 8 <i>Induced Draft Fan</i> .....	17
Gambar 2. 9 <i>Dust Collector</i> .....	17
Gambar 2. 10 <i>Superheater</i> .....	18
Gambar 2. 11 Safety Valve .....	18
Gambar 2. 12 <i>Water Level Indicator</i> .....	19
Gambar 2. 13 Manometer.....	19
Gambar 2. 14 Main Steam Valve .....	20
Gambar 2. 15 Hubungan antara Karbon Ekuivalen Cek dengan kekerasan Vickers .....	21
Gambar 3. 1 Blok Fungsi .....	28
Gambar 3. 2 Diagram Blok Perancangan Alat .....	29
Gambar 3. 3 Sketsa produk pertama .....	32
Gambar 3. 4 Konsep produk kedua .....	33
Gambar 3. 5 Konsep produk ketiga .....	34
Gambar 3. 6 Desain Ketel Uap Pipa Api ( <i>Vertical Firetube Boiler</i> ).....	36
Gambar 3. 7 Ketel Uap Pipa Api Vertikal ( <i>Vertical Fire Tube Boiler</i> ).....	37
Gambar 4. 1 Ukuran badan ketel uap.....	41
Gambar 4. 2 Ukuran Pipa Api .....	43
Gambar 4. 3 Ukuran Tubesheet.....	46
Gambar 4. 4 <i>Ligament</i> .....	48



## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN 1	Curriculum Vitae
LAMPIRAN 2	Gambar Desain
LAMPIRAN 3	Naskah Publikasi
LAMPIRAN 4	Makalah Presentasi

## DAFTAR PUSTAKA

- Asme, 1983, *Boiler and pressure Vessel Code*.
- ASME. 2004. *Boiler & Pressure Vessel Code IV, Rules For Contruction fo Heating Boiler*. New York : Three Park Avenue
- ASME. 2010. *Boiler & Pressure Vessel Code II, Properties (Metric) Materials*. New York : Three Park Avenue
- Dwi Ardiyanto Effendy. 2013. Rancang Bangun *Boiler* Pada Industri Tahu untuk Proses Pemanasan Sistem Dengan Menggunakan CATIA V5. JMEL 2 (2).
- Holman,J.P., 1946, *Heat Transfer, First, Edition*, Mc.Graw Hill Book Company Inc, New York
- Ida Widaningrum, 2015. Teknologi Pembuatan Tahu yang Ramah Lingkungan (Bebas Limbah. *Jurnal Dedikasi*. 14 – 21
- Ir. M.J. Djokosetyardjo.1932. *Ketel Uap*. Cet 5. 2003. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Rustono. 2008. *Perencanaan Ketel Uap Tekanan 6 Atm dengan Bahan Bakar Kayu untuk Industri Sederhana*. Oseatek. UPS. Tegal
- Siregar,H.P, 2005, Rancang Bangun Ketel Uap/Boiler Menggunakan Burner Minyak Tanah untuk Industri Kecil Menengah, Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi STTNAS Yogyakarta.
- Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 2002. *Dasar Perencanaanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Syamsir A. Muin. 1988. *Pesawat – pesawat Konversi Energi : Ketel Uap* (Edisi 1) Cetakan Pertama. 1988. Jakarta : CV. Rajawali



# Universitas Muhammadiyah Malang

## Fakultas Teknik

### Program Studi Teknik Mesin

Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp. (0341) 464318 Psw. 128 Malang

#### LEMBAR HASIL DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Lembar hasil deteksi plagiasi ini menyatakan bahwa mahasiswa berikut:

**Nama :** Budi Adnan

**N I M :** 201410120311217

Telah melalui cek kesamaan karya ilmiah (Skripsi) Mahasiswa dengan hasil sebagai berikut:

SKRIPSI	PRESENTASE KESAMAAN
BAB I (PENDAHULUAN)	9%
BAB II (TINJAUAN PUSTAKA)	22%
BAB III (METODOLOGI)	27%
BAB IV (HASIL DAN PEMBAHASAN)	7%
BAB V (KESIMPULAN DAN SARAN)	0%

Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil deteksi plagiasi ini telah memenuhi syarat ketentuan yang diatur pada Peraturan Rektor No. 2 Tahun 2017 dan berhak mengikuti Ujian Skripsi.



Malang, 09 November 2019

Tim Plagiasi Teknik Mesin,

Mohamad Irkham M., ST., MT.